

5

## Beschreibung

10

Nulldurchgangsdetektion eines Ultraschallsignals mit  
variablen Schwellenwert

15 Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor  
gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein  
Verfahren zur Detektion des Empfangszeitpunkts eines  
Ultraschallsignals gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs  
7.

20 Ultraschall-Strömungssensoren dienen insbesondere dazu, den  
Volumen- oder Massestrom oder die Strömungsgeschwindigkeit  
eines gasförmigen oder flüssigen Mediums zu messen, das durch  
eine Rohrleitung strömt. Ein bekannter Typ von Ultraschall-  
Strömungssensoren umfasst zwei in Strömungsrichtung versetzt  
25, angeordnete Ultraschallwandler, die jeweils Ultraschall-  
signale erzeugen und diese an den jeweils anderen  
Ultraschallwandler aussenden. Die Ultraschallsignale werden  
vom jeweils anderen Wandler empfangen und mittels einer  
Elektronik ausgewertet. Der Laufzeitunterschied zwischen dem  
30 Signal in Strömungsrichtung und dem Signal in Gegenrichtung  
ist dabei ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit des  
Fluids. Daraus kann die gewünschte Messgröße, wie z.B. ein  
Volumen- oder Massestrom, berechnet werden.

35 Fig. 1 zeigt eine typische Anordnung eines Ultraschall-  
Strömungssensors mit zwei Ultraschallwandlern A,B, die  
innerhalb einer Rohrleitung 3 angeordnet sind und sich in  
einem Abstand L gegenüberstehen. In der Rohrleitung 3 strömt  
ein Fluid 1 mit einer Geschwindigkeit v in Richtung des  
40 Pfeils 2. Die Messtrecke L ist gegenüber der  
Strömungsrichtung 2 um einen Winkel  $\alpha$  geneigt. Während einer

5 Messung senden sich die Ultraschallwandler A,B gegenseitig  
Ultraschallsignale zu, die je nach Richtung von der Strömung  
entweder verlangsamt oder beschleunigt werden. Die Laufzeiten  
der Schallsignale sind dabei ein Maß für die zu bestimmende  
Strömungsgeschwindigkeit.

10

Fig. 2 zeigt eine stark vereinfachte schematische Darstellung  
einer Wandleranordnung mit einer daran angeschlossenen  
Steuer- und Auswerteelektronik 4. Der Strömungssensor kann  
z.B. nach dem sogenannten "sing-around"-Verfahren arbeiten.

15 Dabei wird durch den Empfang eines Ultraschallsignals A0 bzw.  
B0 an einem der Wandler A,B unmittelbar ein Ultraschallsignal  
in Gegenrichtung ausgelöst.

Für die Laufzeitmessung eines Ultraschallsignals A0 bzw. B0  
20 ist es von wesentlicher Bedeutung, dass der Empfangszeitpunkt  
eines Ultraschallsignals A0,B0 eindeutig und genau bestimmt  
werden kann. Ein aus dem Stand der Technik bekanntes  
Verfahren zur Bestimmung eines Empfangszeitpunkts wird im  
Folgenden anhand von Fig. 3 erläutert.

25

Fig. 3 zeigt den Signalverlauf eines einzelnen  
Ultraschallsignals A0,B0. Der "Empfangszeitpunkt" des Signals  
A0,B0 ist hier als der erste Nulldurchgang  $N_0$  des Signals  
definiert, nachdem die Signalamplitude Amp einen vorgegebenen  
30 Schwellenwert SW (den sogenannten Pretrigger Level)  
überschritten hat. In dem dargestellten Beispiel wäre somit  
der Zeitpunkt  $t_0$  der Empfangszeitpunkt des Signals. (Der  
Empfangszeitpunkt des Signals könnte alternativ auch durch  
Auswertung der Phase des Signals bestimmt werden.)

35

Verschmutzungen, Driften oder Alterung der  
Ultraschallwandler, oder Turbulenzen im strömenden Fluid  
können dazu führen, dass die Amplitude der Ultraschallsignale  
A0,B0 stark variiert. Solange die Signalamplitude sich nicht  
40 zu stark ändert, wird die Nulldurchgangsdetektion kaum  
beeinträchtigt, da immer der gleiche Nulldurchgang als

5 Empfangszeitpunkt detektiert wird und die Frequenz des  
Signals im wesentlichen gleich bleibt. Sobald die maximale  
Signalamplitude der Halbwelle vor dem Zeitpunkt  $t_0$  jedoch in  
den Bereich des Schwellenwerts SW kommt, kann es zu  
Fehlmessungen des Empfangszeitpunkts kommen, wenn das  
10 Ultraschallsignal den Schwellenwert z.B. zu einem späteren  
Zeitpunkt überschreitet und somit ein falscher Nulldurchgang  
als Empfangszeitpunkt detektiert wird.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die  
15 Messgenauigkeit eines Ultraschall-Strömungssensors, der den  
Empfangszeitpunkt eines Ultraschallsignals mittels  
Nulldurchgangsdetektion bestimmt, zu verbessern.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im  
20 Patentanspruch 1 sowie im Patentanspruch 7 angegebenen  
Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind  
Gegenstand von Unteransprüchen.

Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung besteht darin, eine  
25 Information über die Amplitude des Ultraschallsignals zu  
ermitteln und den Schwellenwert (Pretrigger Level) an die  
Amplitude des Ultraschallsignals anzupassen. Dadurch kann  
erreicht werden, dass bei einer veränderten Signalamplitude  
immer der richtige, d.h. der gleiche Nulldurchgang bzw. das  
30 richtige Ereignis als Empfangszeitpunkt detektiert wird.

Eine Information über die Signalamplitude kann in  
unterschiedlicher Art und Weise ermittelt werden: Eine erste  
Möglichkeit besteht darin, ein Signalmaxima, vorzugsweise die  
35 maximale Amplitude des Ultraschallsignals mittels einer  
entsprechenden Einrichtung zu messen. Eine andere Möglichkeit  
besteht darin, das Ultraschallsignal gleichzurichten und  
einen Mittelwert zu bestimmen. Auch dieser Mittelwert ist ein  
Maß für die Signalamplitude und kann somit als Referenzgröße  
40 zur Anpassung des Schwellenwerts herangezogen werden. Darüber  
hinaus sind viele andere Signal-Auswerteverfahren denkbar,

- 5 aus denen eine Information über die Signalamplitude gewonnen werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die Empfangseinheit des Ultraschall-Strömungssensor eine  
10 Einrichtung zum Messen der maximalen Amplitude des Ultraschallsignals. Der Schwellenwert kann somit an die aktuelle maximale Signalamplitude angepasst werden. Fehlmessungen werden dadurch stark verringert.

- 15 Eine bevorzugte Ausführungsform der Amplituden-Messeinrichtung umfasst eine erste S/H-Stufe (Abtast- und Halteglied), an deren Eingang das Ultraschallsignal bzw. ein entsprechendes Wandler-Ausgangssignal anliegt und die den maximalen Wert der Signalamplitude speichert, sowie eine  
20 nachgeschaltete zweite S/H-Stufe, die den maximalen Wert der ersten S/H-Stufe übernimmt und speichert. Aus dem so ermittelten maximalen Amplitudenwert kann schließlich ein gewünschter Schwellenwert (Pretrigger Level) erzeugt werden.

- 25 Das Ausgangssignal der zweiten S/H-Stufe wird zu diesem Zweck von einem Spannungsteiler geteilt und die Teilspannung (=Schwellenwert) einem Komparator zugeführt. Der Komparator schaltet vorzugsweise seinen Ausgang, wenn das Wandler-Ausgangssignal den Schwellenwert überschreitet. Anschließend  
30 kann nun die nulldurchgangsdetektion durchgeführt werden.

- Um zu verhindern, dass der Schwellenwert zu stark schwankt, ist vorzugsweise ein Tiefpassfilter vorgesehen, mit dem die Amplitudeninformation oder die Schwellenwertinformation (d.h.  
35 das entsprechende Signal) gefiltert wird.

- Eine andere Ausführungsform der Empfangseinheit umfasst einen Gleichrichter, mit dem das Wandler-Ausgangssignal gleichgerichtet wird. Das gleichgerichtete Signal kann z.B.  
40 mittels eines Integrators integriert oder mittels eines Tiefpasses gefiltert werden. Das Integrator-Ausgangssignal

5 als auch das Filter-Ausgangssignal geben wiederum Rückschluss auf die Signalamplitude des Ultraschallsignals und erlauben somit die Anpassung des Schwellenwerts.

Eine weitere Ausführungsform der Empfangseinheit umfasst  
10 einen Differenzierer, mit dem das Wandler-Ausgangssignal differenziert wird, sowie eine nachgeordnete Einheit zur Nulldurchgangsdetektion, mit der die Zeitpunkte der Maxima des Ultraschallsignals erfasst werden. Die Maxima können z.B. in einer S/H-Stufe gespeichert und daraus das Maximum mit dem  
15 höchsten Wert ermittelt werden.

Eine weitere Ausführungsform der Empfangseinheit umfasst zwei lock-in-Verstärker, in denen das Wandler-Ausgangssignal anhand zweier Referenztaktsignale verstärkt wird, wobei die  
20 Referenztaktsignale die Frequenz der Ultraschallsignale haben und gegenseitig, z.B. um  $\pi/2$ , phasenverschoben sind. Werden die beiden so erzeugten Verstärker-Ausgangssignale integriert oder mit einem Tiefpass gefiltert, kann aus den resultierenden Signalen  $u_0$  und  $u_{\pi/2}$  durch quadratische  
25 Mittelung  $\sqrt{u_0^2 + u_{\pi/2}^2}$  ein Wert bestimmt werden, der ein Maß für die Signalamplitude darstellt und eine Anpassung des Schwellenwerts erlaubt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten  
30 Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 zeigt einen aus dem Stand der Technik bekannten Ultraschall-Strömungssensor mit zwei Ultraschallwandlern;

35 Fig. 2 einen Ultraschall-Strömungssensor mit zugehöriger Steuer- und Empfangsschaltung;

Fig. 3 den Signalverlauf eines einzelnen Ultraschallsignals;

40 Fig. 4 eine Empfangseinheit zur Anpassung des Schwellenwerts gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

5

Fig. 5 einen Signalflussplan der Signale von Fig. 4; und

Fig. 6a-6d verschiedene Ausführungsformen von  
Empfangseinheiten zur Anpassung des Schwellenwerts.

10

Bezüglich der Erläuterung der Fig. 1-3 wird auf die  
Beschreibungseinleitung verwiesen.

Fig. 4 zeigt einen Teil einer Empfangseinheit 4, mit der der  
15 Schwellenwert SW an die Signalamplitude der Ultraschall-  
signale A0 bzw. B0 angepasst werden kann. Die Empfangseinheit  
4 misst bei dieser Ausführungsform die maximale Amplitude  
Amp<sub>max</sub> des Ultraschallsignals A0, B0.

20 Die Empfangseinheit 4 umfasst einen ersten Komparator 10, an  
dessen Eingang US das Wandler-Ausgangssignal 5 anliegt, und  
dessen anderer Eingang mit dem Ausgang 19 einer ersten S/H-  
Stufe 12 verbunden ist. Der Komparator 10 wechselt seinen  
Ausgangszustand, wenn das Wandler-Ausgangssignal 5 größer  
25 wird als der in der S/H-Stufe 12 bisher gespeicherte  
Amplitudenwert. Dadurch wird die erste S/H-Stufe 12  
aktiviert, die dann den aktuellen Amplitudenwert übernimmt  
und speichert. Fig. 3 zeigt den Verlauf des Ausgangssignals  
19 der ersten S/H-Stufe 12.

30

Wenn das Ultraschallsignal A0 bzw. B0 abgeklungen ist,  
übernimmt eine zweite S/H-Stufe 13 den maximalen  
Amplitudenwert Amp<sub>max</sub> der ersten S/H-Stufe 12. Die zweite S/H-  
Stufe 13 wird hierzu von einem Steuersignal „stop“  
35 angesteuert. Das Ausgangssignal 20 der zweiten S/H-Stufe 13  
wird einem Spannungsteiler 14 mit einstellbarem Teilerfaktor  
zugeführt. Der Spannungsteiler 14 ist hier als  
Trimpotentiometer realisiert. Die Teilspannung U<sub>t</sub> bildet  
dabei den neuen Schwellenwert SW für die Detektion des  
40 Empfangszeitpunktes.

5 Die Teilspannung  $U_t$  wird einem zweiten Komparator 16 als Referenzspannung zugeführt. Der andere Eingang des Komparators 16 ist mit dem Eingang US der Empfangseinheit 4 verbunden. Das Ausgangssignal des zweiten Komparators 16 ändert somit den Schaltzustand, wenn das Ultraschallsignal  
10 A0,B0 den Schwellenwert SW überschreitet bzw. unterschreitet. Der Schaltzustand wird in einem Monoflop 18 gespeichert.

Fig. 5 zeigt den Signalverlauf einiger Signale der Schaltung von Fig. 4. Der Signalverlauf ist dort schraffiert  
15 gezeichnet, wo das entsprechende Signal entweder von vorherigen Ereignissen abhängt oder der Signalzustand undefiniert ist.

Das Messverfahren beginnt mit dem Erzeugen eines Start-  
20 Signals "start", das der ersten S/H-Stufe 12 über ein Oder-Gatter 11 zugeführt wird, um diese zu aktivieren. Bei Empfang eines Ultraschallsignals A0,B0 am Eingang US speichert die erste S/H-Stufe 12 (Signal s/h1) die maximale Signalamplitude  $Amp_{max}$ , wie vorstehend beschrieben wurde. Mit Eintreffen eines  
25 Stopp-Signals "stop" übernimmt die zweite S/H-Stufe 13 den Wert der ersten S/H-Stufe 12 (Signal s/h2).

Mit dem nächsten Start-Signal wird die erste S/H-Stufe 12 wieder zurückgesetzt und eine neue Messung kann beginnen.  
30

Fig. 6a zeigt eine andere Ausführungsform einer Empfangseinheit 4, bei der das Wandler-Ausgangssignal zunächst einem Gleichrichter 21 zugeführt wird. Das Ausgangssignal des Gleichrichters 21 wird schließlich mittels  
35 eines Integrators 22 integriert, wobei eine Mittelwertbildung des Signals stattfindet. Dieser Wert ist somit wiederum ein Maß für die maximale Amplitude des Ultraschallsignals A0,B0. Das Integrator-Ausgangssignal wird dann von der zweiten S/H-Stufe 13 abgetastet und gespeichert. Die übrige Schaltung zur  
40 Erzeugung der Teilspannung  $U_t$  kann identisch wie in Fig. 4 realisiert sein.

5

Fig. 6b zeigt eine weitere Ausführungsform einer Empfangseinheit 4 mit einem Gleichrichter 21 und einem nachgeordneten Tiefpass 15. Das gleichgerichtete und gefilterte Wandler-Ausgangssignal 5 kann z.B. wiederum  
10 mittels der Schaltung von Fig. 4 ausgewertet werden.

Fig. 6c zeigt eine weitere andere Ausführungsform einer Empfangseinheit 4 mit einem Differenzierer 23 und einer Einheit 24 zur nulldurchgangsdetektion. Mit Hilfe des  
15 Differenzierers 23 und der Einheit 24 werden die Zeitpunkte der Signalmaxima des Ultraschallsignals A0,B0 bestimmt und eine nachgeordnete S/H-Stufe 25 aktiviert, die jeweils die maximalen Signalwerte übernimmt. Damit beim Abklingen des Ultraschallsignals A0,B0 nicht wieder niedrigere  
20 Amplitudenwerte übernommen werden, kann die Anzahl der Abtastvorgänge der S/H-Stufe 25 z.B. durch einen Zähler oder ein Monoflop begrenzt werden.

Fig. 6d zeigt eine noch andere Ausführungsform einer  
25 Empfangseinheit 4 mit zwei lock-in-Verstärkern 40,42 bzw. 41,43. Die lock-in-Verstärker können z.B. als Multiplizierer 40,41 mit nachfolgenden Integriergliedern 42,43 aufgebaut sein. In diesem Fall wird das Ultraschallsignal A0, B0 mittels der Referenztakte  $\text{Ref}_0$  und  $\text{Ref}_{\pi/2}$ , die genau die  
30 Ultraschallfrequenz haben, phasengesteuert invertiert. Eine andere Möglichkeit besteht z.B. darin, dass anstelle der beiden Multiplizierer jeweils ein invertierender und ein nichtinvertierender Verstärker eingesetzt wird, deren Verstärkungsfaktoren bis auf das Vorzeichen im Wesentlichen  
35 gleich sind. In diesem Fall würde dann z.B. ein Signalmultiplexer eingesetzt, um gemäss der Referenztakte zwischen invertierendem und nichtinvertierendem Betrieb hin und her zu schalten. Die Referenztakte sind dabei um  $\pi/2$  phasenverschoben. Die resultierenden Signale werden dann  
40 integriert und somit die Verstärker-Ausgangssignale  $u_0$  und  $u_{\pi/2}$  erzeugt. Alternativ zu der Integrierung der Signale ist



- 5 z.B. auch eine Tiefpassfilterung denkbar. Die Signale  $u_0$  und  $u_{pi/2}$  werden über eine digitale oder analoge Rechenschaltung 44 quadratisch addiert und mit einer S/H-Stufe 13 abgetastet. Das Ausgangssignal out der Schaltung von Fig. 6d ist wiederum ein Maß für die Amplitude des Ultraschallsignals und erlaubt  
10 die Anpassung des Schwellenwerts SW ( $U_t$ ). Die übrige Schaltung zur Erzeugung der Teilspannung  $U_t$  kann identisch wie in Fig. 4 realisiert sein.

- Das dynamische Verhalten der Empfangseinheit 4 kann außerdem  
15 durch geeignete Filter beeinflusst werden. Ein Tiefpassfilter beispielsweise verhindert zu schnelle Anpassungen des Schwellenwerts SW. Ein solcher Tiefpassfilter könnte z.B. als RC-Glied realisiert sein, das zwischen die zweite S/H-Stufe 13 und das Trimpotentiometer 14 geschaltet ist. Wahlweise  
20 könnte der Tiefpassfilter 15 auch zwischen das Trimpotentiometer und den zweiten Komparator 16 geschaltet sein.

5

## Bezugszeichenliste

10

	1	Fluid
	2	Strömungsrichtung
	3	Rohrleitung
	4	Steuer- und Empfangseinheit
15	5	Wandler-Ausgangssignal
	10	erster Komparator
	11	Oder-Gatter
	12	Erste S/H-Stufe
	13	Zweite S/H-Stufe
20	14	Spannungsteiler
	15	Tiefpassfilter
	16	Zweiter Komparator
	17	Und-Gatter
	18	Monoflop
25	19	Ausgang der ersten S/H-Stufe 12
	20	Ausgang der zweiten S/H-Stufe 13
	21	Gleichrichter
	22	Integrator
	23	Differenzierer
30	24	Einheit zur Nulldurchgangsdetektion
	25	S/H-Stufe
	40, 41	Multiplizierer
	42, 43	Integrierer
	44	Recheneinheit
35	Ref <sub>0</sub> , Ref <sub>p1/2</sub>	Referenztaktsignale
	t <sub>0</sub>	Empfangszeitpunkt
	SW	Schwellenwert
	A0, B0	Ultraschallsignale
	A, B	Ultraschallwandler
40	L	Messtrecke
	U <sub>t</sub>	Teilspannung

5

## Patentansprüche

10

1. Ultraschall-Strömungssensor mit
  - wenigstens einem Ultraschallwandler (A,B) zum Aussenden und Empfangen von Ultraschallsignalen (A0,B0) und
  - einer am Ultraschallwandler (A,B) angeschlossenen
- 15 Empfangseinheit (4), die überwacht, wann das Ultraschallsignal (A0,B0) einen vorgegebenen Schwellenwert (SW) überschreitet und in Abhängigkeit von diesem Ereignis einen Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) des Ultraschallsignals (A0,B0) bestimmt,
- 20 dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) eine Information über die Amplitude (Amp) des Ultraschallsignals (A0,B0) ermittelt und den Schwellenwert (SW) in Abhängigkeit von der ermittelten Information einstellt.
- 25 2. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) eine erste S/H-Stufe (12), an deren Eingang (US) ein Wandler-Ausgangssignal (5) anliegt, und eine nachgeschaltete zweite S/H-Stufe (13) aufweist, die den maximalen Wert ( $Amp_{max}$ ) der ersten S/H-Stufe
- 30 (12) übernimmt und speichert.
3. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Spannungsteiler (14), der das Ausgangssignal (20) der zweiten S/H-Stufe (13) teilt, und ein
- 35 Komparator (16) vorgesehen sind, dem die Teilspannung des Spannungsteilers (14) zugeführt wird.
4. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Tiefpassfilter
- 40 (15) vorgesehen ist, mit dem die Information über die

5     Signalamplitude ( $Amp_{max}$ ) oder eine daraus abgeleitete  
Information ( $U_t$ ) gefiltert wird.

5. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit  
10     (4) einen Gleichrichter (21) aufweist, mit dem das Wandler-  
Ausgangssignal (5) gleichgerichtet wird.

6. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit  
15     (4) einen Differenzierer (23), dem das Wandler-Ausgangssignal  
(5) zugeführt wird, sowie eine nachgeschaltete Einheit (24)  
zur Nulldurchgangsdetektion aufweist.

7. Verfahren zur Detektion des Empfangszeitpunktes ( $t_0$ ) eines  
20     an einem Ultraschallwandler (A,B) empfangenen  
Ultraschallsignals ( $A0,B0$ ) mittels einer Empfangseinheit (4),  
die überwacht, wann das Ultraschallsignal ( $A0,B0$ ) einen  
vorgegebenen Schwellenwert (SW) überschreitet und in  
Abhängigkeit von diesem Ereignis einen Empfangszeitpunkt ( $t_0$ )  
25     des Ultraschallsignals ( $A0,B0$ ) bestimmt, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) eine Information  
über eine Amplitude (Amp) des Ultraschallsignals ( $A0,B0$ )  
ermittelt und der Schwellenwert (SW) in Abhängigkeit von der  
ermittelten Information (Amp) eingestellt wird.

30     8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass  
der maximale Amplitudenwert ( $Amp_{max}$ ) des Ultraschallsignals  
( $A0,B0$ ) in einer ersten S/H-Stufe (12) gespeichert wird, und  
der Maximalwert ( $Amp_{max}$ ) der ersten S/H-Stufe (12) von einer  
35     zweiten S/H-Stufe (13) abgetastet und gespeichert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Amplitudeninformation (Amp,out) aus dem Ausgangssignal  
( $u_o, u_{pi/2}$ ) zweier lock-in-Verstärker (41,42;41,43) gewonnen  
40     wird.

1 / 4

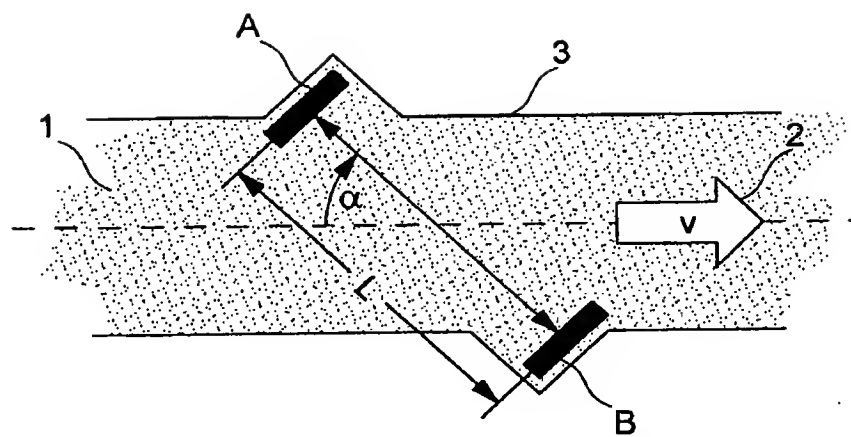


Fig. 1

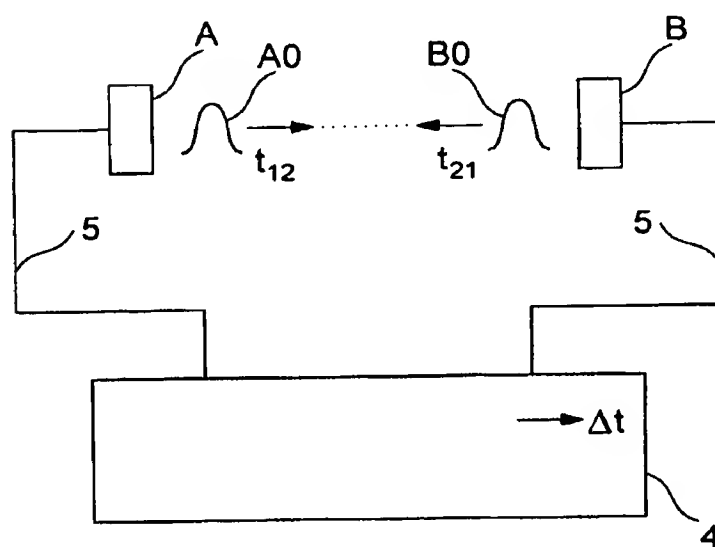


Fig. 2

2 / 4

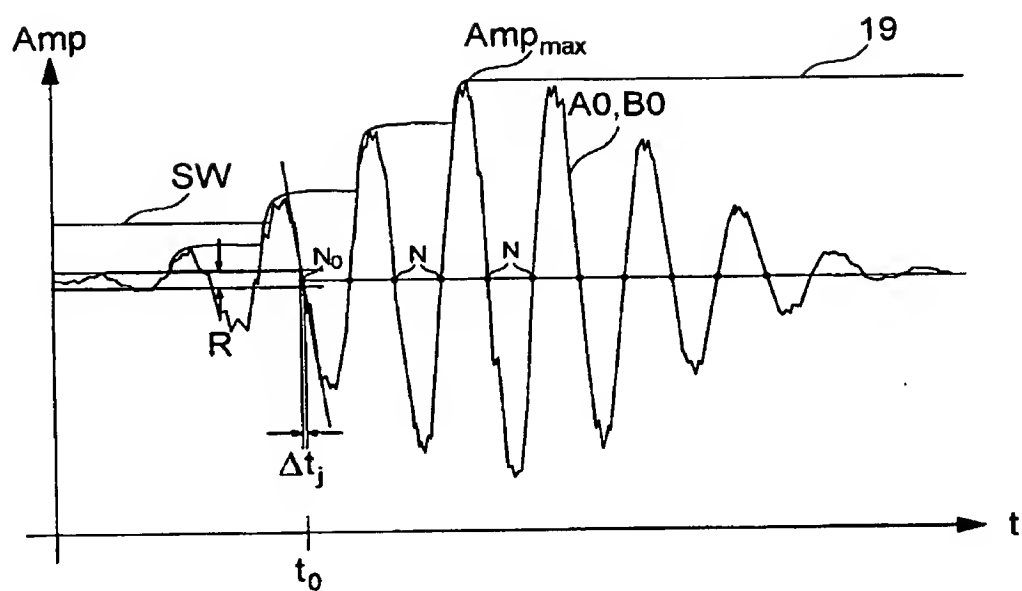


Fig. 3

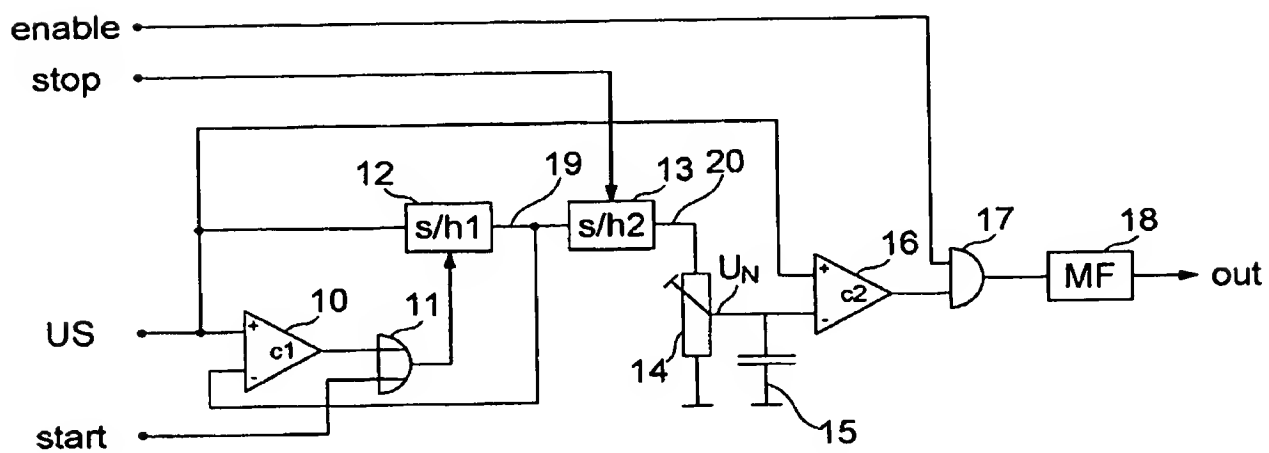


Fig. 4

3 / 4

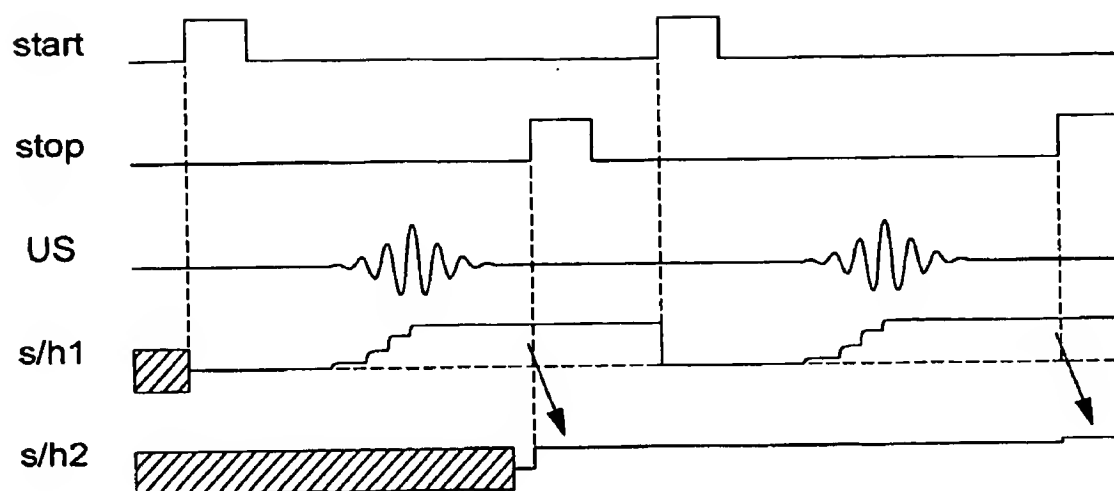


Fig. 5

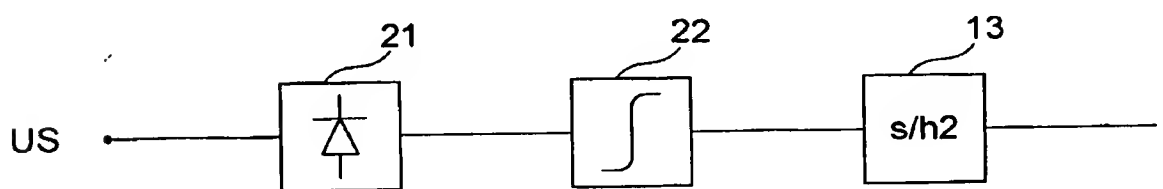


Fig. 6a

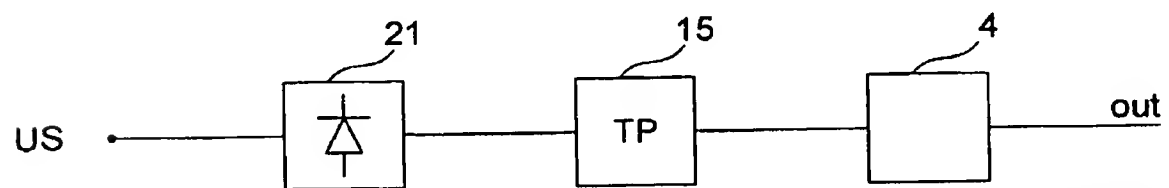


Fig. 6b

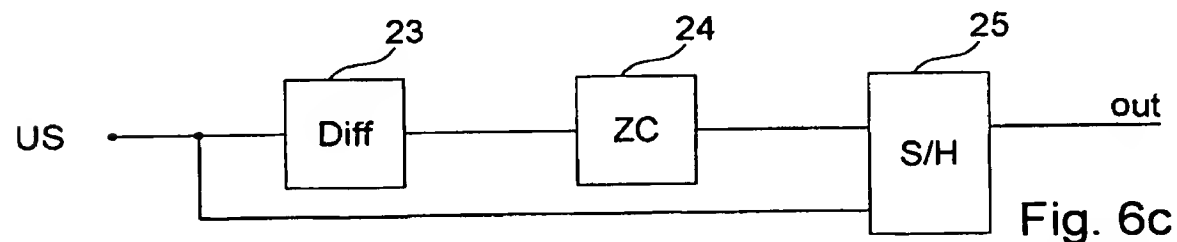


Fig. 6c

4 / 4

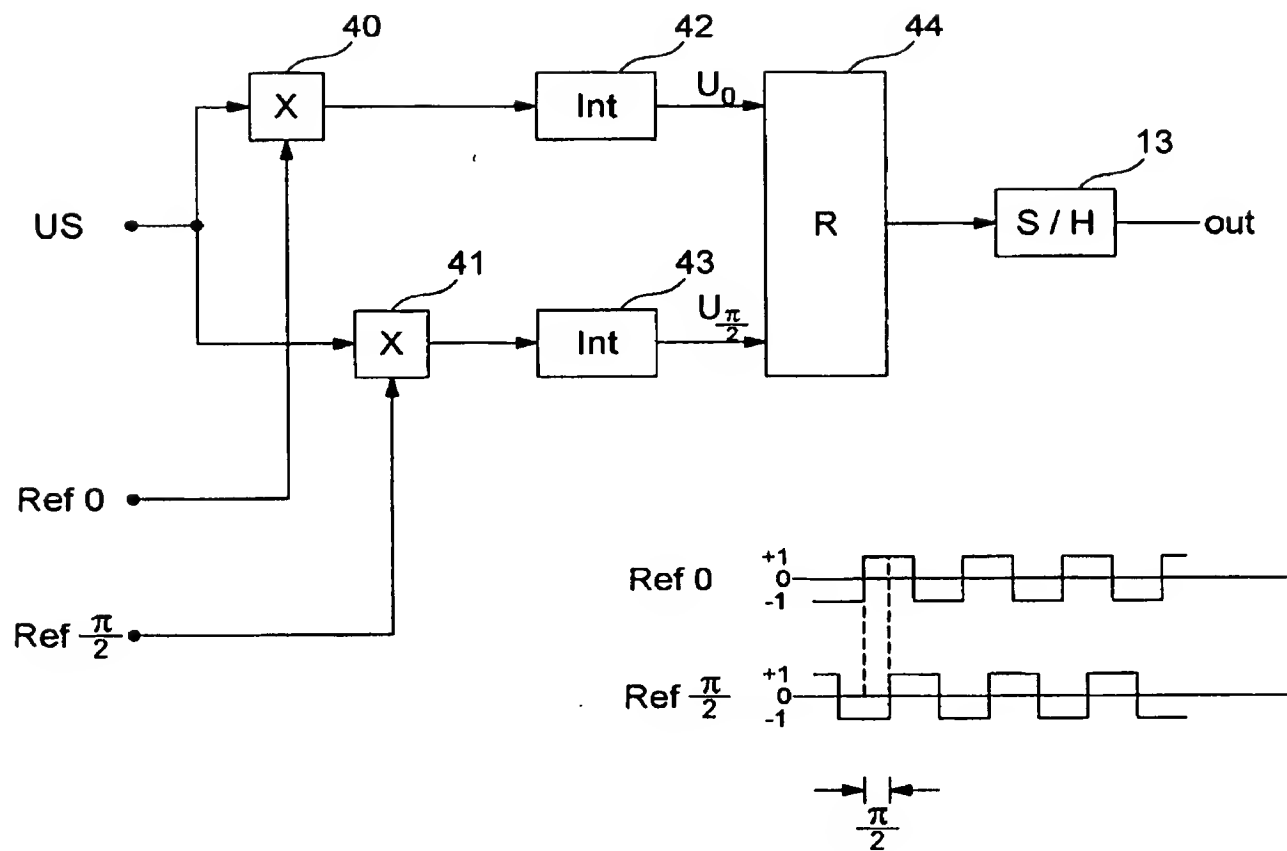


Fig. 6d



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP2005/050319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 G01F1/66 G01P5/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01F G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 803 383 A (SCHLUMBERGER INDUSTRIES SA) 6 July 2001 (2001-07-06) abstract; figures 1,2 page 1 - page 8	1-9
X	US 4 080 574 A (LOOSEMORE ET AL) 21 March 1978 (1978-03-21) abstract; figures 1,2a,2b,3,4 column 1 - column 4	1-9
X	EP 0 981 201 A (SIEMENS-ELEMA AB) 23 February 2000 (2000-02-23) abstract; figures 1,2 column 1 - column 5	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 July 2005

Date of mailing of the international search report

27/07/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Barthélemy, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/050319

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2803383	A	06-07-2001	FR 2803383 A1	06-07-2001
			AU 2686801 A	16-07-2001
			BR 0017057 A	07-01-2003
			CN 1415068 A ,C	30-04-2003
			EP 1242792 A1	25-09-2002
			WO 0150095 A1	12-07-2001
			JP 2003519375 T	17-06-2003
			RU 2232978 C2	20-07-2004
			US 6766276 B1	20-07-2004
US 4080574	A	21-03-1978	GB 1495389 A	14-12-1977
			DE 2503538 A1	14-08-1975
			FR 2260229 A1	29-08-1975
			JP 1218707 C	17-07-1984
			JP 50109762 A	29-08-1975
			JP 58055441 B	09-12-1983
			NL 7501196 A	04-08-1975
EP 0981201	A	23-02-2000	EP 0981201 A2	23-02-2000
			JP 2000065614 A	03-03-2000
			US 6634240 B1	21-10-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050319

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01F1/66 G01P5/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01F G01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 2 803 383 A (SCHLUMBERGER INDUSTRIES SA) 6. Juli 2001 (2001-07-06) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Seite 1 - Seite 8	1-9
X	US 4 080 574 A (LOOSEMORE ET AL) 21. März 1978 (1978-03-21) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2a,2b,3,4 Spalte 1 - Spalte 4	1-9
X	EP 0 981 201 A (SIEMENS-ELEMA AB) 23. Februar 2000 (2000-02-23) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Spalte 1 - Spalte 5	1-9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. Juli 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/07/2005

Name und Postenschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Barthélemy, M

# INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050319

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2803383 A	06-07-2001	FR 2803383 A1	06-07-2001
		AU 2686801 A	16-07-2001
		BR 0017057 A	07-01-2003
		CN 1415068 A ,C	30-04-2003
		EP 1242792 A1	25-09-2002
		WO 0150095 A1	12-07-2001
		JP 2003519375 T	17-06-2003
		RU 2232978 C2	20-07-2004
		US 6766276 B1	20-07-2004
US 4080574 A	21-03-1978	GB 1495389 A	14-12-1977
		DE 2503538 A1	14-08-1975
		FR 2260229 A1	29-08-1975
		JP 1218707 C	17-07-1984
		JP 50109762 A	29-08-1975
		JP 58055441 B	09-12-1983
		NL 7501196 A	04-08-1975
EP 0981201 A	23-02-2000	EP 0981201 A2	23-02-2000
		JP 2000065614 A	03-03-2000
		US 6634240 B1	21-10-2003